

03500.017467

PATENT APPLICATION

DEC 09 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

TAKANORI MATSUDA ET AL.

Appln. No.: 10/632,913

Filed: August 4, 2003

For: ACTUATOR AND LIQUID
DISCHARGE HEAD, AND METHOD
FOR MANUFACTURING LIQUID
DISCHARGE HEAD

Examiner: Unassigned

Group Art Unit: 2834

December 9, 2003

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT


Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed
is a certified copy of the following foreign application:

JP 2002-231135, filed August 8, 2002.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,


Attorney for Applicants
Douglas W. Pinsky
Registration No. 46,994

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

DWP/kkv

DC_MAIN 152147v1

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 8 月 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 3 1 1 3 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 3 1 1 3 5]

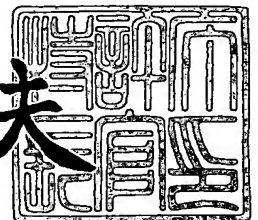
出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

Inventor TAKANORI MATSUDA, ETAL.
Docket No. 03500.07467
Appln. No. 10/632,913
Filed. August 4, 2003
GPU. 2834

2 0 0 3 年 8 月 1 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 4631127

【提出日】 平成14年 8月 8日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 41/08
H01L 41/22
B41J 2/045
B41J 2/295

【発明の名称】 アクチュエータおよび液体噴射ヘッドならびに前記液体
噴射ヘッドの製造方法

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

【氏名】 松田 堅義

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

【氏名】 伊福 俊博

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

【氏名】 武田 憲一

【発明者】

【住所又は居所】 奈良県奈良市千代ヶ丘2丁目7番地の2 7

【氏名】 和佐 清孝

【特許出願人】

【識別番号】 000001007
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100095991
【弁理士】
【氏名又は名称】 阪本 善朗
【電話番号】 03-5685-6311

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 020330
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9704673

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アクチュエータおよび液体噴射ヘッドならびに前記液体噴射ヘッドの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基体上に振動板、下部電極、圧電体および上部電極を順次積層した積層構造を有し、前記 2 つの電極のうちの少なくとも前記下部電極は、La がドーピングされた Sr および Ti を含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜であることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 2】 圧電体が単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電歪薄膜であることを特徴とする請求項 1 記載のアクチュエータ。

【請求項 3】 単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極にドーピングされた La の濃度が、0.05 atm% から 10 atm% の範囲であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のアクチュエータ。

【請求項 4】 単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極の格子定数が 3.905 Å から 4.030 Å の範囲であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 いずれか 1 項記載のアクチュエータ。

【請求項 5】 単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極の膜厚が 50 nm から 5000 nm の範囲であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 いずれか 1 項記載のアクチュエータ。

【請求項 6】 単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極の結晶方位が (010)、(101)、(110) (111) のうちのいずれかであることを特徴とする請求項 1 ないし 5 いずれか 1 項記載のアクチュエータ。

【請求項 7】 単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極の結晶配向率が 95% 以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 いずれか 1 項記載のアクチュエータ。

【請求項 8】 圧電体が、Zr、Ti、Ni、Nb、Mg、Zn、Sc のうちの少なくとも 1 つと、Pb を含む単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電歪薄膜であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 いずれか 1 項記載のアクチュエータ。

【請求項 9】 単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の結晶配向率が 90% 以上であることを特徴とする請求項 8 記載のアクチュエータ。

【請求項 10】 単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の結晶系が、菱面体晶または正方晶であることを特徴とする請求項 8 または 9 記載のアクチュエータ。

【請求項 11】 単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の膜厚が、500 nm 以上 10 μ m 以下であることを特徴とする請求項 8 ないし 10 いずれか 1 項記載のアクチュエータ。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 いずれか 1 項記載のアクチュエータと、液吐出口に連通され一部に開口部が形成された圧力室を有する本体基板部を備えており、前記開口部をふさぐように前記アクチュエータが前記圧力室に接合されたことを特徴とする液体噴射ヘッド。

【請求項 13】 液吐出口に連通され一部に開口部が形成された圧力室を有する本体基板部と、前記開口部をふさぐように前記本体基板部に接合されたアクチュエータを有する液体噴射ヘッドにおいて、前記アクチュエータは、前記本体基板部に振動板、下部電極、圧電体および上部電極を順次積層した積層構造を有し、前記 2 つの電極のうちの少なくとも前記下部電極は、La がドーピングされた Sr および Ti を含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜であることを特徴とする液体噴射ヘッド。

【請求項 14】 液吐出口に連通され一部に開口部が形成された圧力室を有する本体基板部と、前記開口部をふさぐように前記圧力室に接合されたアクチュエータとを備えた液体噴射ヘッドの製造方法であって、前記本体基板部に振動板を成膜する工程と、振動板上に La がドーピングされた Sr および Ti を含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜である下部電極を成膜する工程と、下部電極上にペロブスカイト型の酸化物圧電電歪薄膜を成膜する工程と、ペロブスカイト型の酸化物圧電電歪薄膜上に上部電極を成膜する工程と、前記圧力室を形成する工程を含むことを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液体噴射記録装置に搭載される液体噴射ヘッド等に用いられるアクチュエータおよび液体噴射ヘッドならびに前記液体噴射ヘッドの製造方法に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

近年、パソコンなどの印刷装置として液体噴射記録装置を用いたプリンタが印字性能がよく取り扱いが簡単、低コストなどの理由から広く普及している。この液体噴射記録装置には、熱エネルギーによってインク等の液体中に気泡を発生させ、その気泡による圧力波により液滴を吐出させるもの、静電力により液滴を吸引吐出させるもの、圧電素子のような振動子による圧力波を利用したもの等、種々の方式がある。

【0003】

一般に、圧電素子等を用いたものは、例えば、液体供給室に連通した圧力室とその圧力室に連通した液吐出口とを備え、その圧力室に圧電素子が接合された振動板が設けられて構成されている。このような構成において、圧電素子に所定の電圧を印加して圧電素子を伸縮させることにより、たわみ振動を起こさせて圧力室内のインク等の液体を圧縮することにより液吐出口から液滴を吐出させる。

【0004】

近時、カラーの液体噴射記録装置が普及してきたが、その印字性能の向上、特に高解像度化および高速印字さらには液体噴射ヘッドの長尺化が求められており、そのため液体噴射ヘッドを微細化したマルチノズルヘッド構造を実現することが求められている。そして、液体噴射ヘッドを微細化するためには、液体を吐出させるためのアクチュエータを小型化することが必要になる。

【0005】

液体噴射ヘッドのアクチュエータを構成する圧電および／または電歪素子（以下、「圧電電歪素子」という。）を小型化するためには、圧電体自体がより微細化され、小型化しても駆動能力が低くならないような高い圧電定数を持つ必要がある。

【0006】

このことは、圧電体である圧電および／または電歪膜（以下、「圧電電歪膜」という。）が結晶性の優れた膜であることが必要であることを示している。結晶性が優れた膜とは、同一方向に配向した単一配向結晶や、面内まで配向している単結晶の薄膜である。また、圧電電歪膜が単結晶であるためには、圧電電歪膜作製時の直下の層が単結晶等であり、かつ圧電電歪膜と直下の層の材料が、格子整合性のよい組み合わせであるのが望ましい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の圧電電歪素子に用いられた圧電電歪膜は、例えば、 PbO 、 ZrO_2 および TiO_2 の粉末のペーストをシート状に成型加工（グリーンシート）した後、焼結することにより形成する方法が採用されていたことから、圧電電歪膜を例えば $10\mu m$ 以下に薄く形成することが困難であった。また、グリーンシートの焼結には $1000^\circ C$ 以上の温度で行うため、圧電電歪材料が 70% 程に収縮してしまうという問題があった。このため、圧電電歪素子と液室や圧力室等の構造体とを数ミクロンオーダーでの寸法精度で位置合わせをすることは困難であり、このために、アクチュエータを小型化することが困難であった。

【0008】

また、グリーンシートを焼結することにより形成されたセラミックス圧電電歪膜は、その厚さが薄くなるにしたがって、結晶粒界の影響が無視できないようになり、良好な圧電電歪特性を得ることができなかった。すなわち、グリーンシートを焼結することにより形成された圧電電歪膜は、 $10\mu m$ 以下になると記録液を吐出させるための十分な圧電電歪特性を得ることができないという問題点があった。このため、十分な記録液の吐出に必要な特性を有する小型の液体噴射ヘッドをこれまで実現することができなかった。

【0009】

また、現在報告されている圧電電歪膜の作製方法として、CVD法やゾルーゲル法などの方法がある。しかし、これらの方法によって作製した圧電電歪膜も、その密度が低くなり易く、微細化加工が非常に困難である。また、圧電電歪材料

の能力を表す圧電定数も小さいため、小型化すると、一定電圧に対する変位量も小さくなる。従って、上記のCVD法等を小型のアクチュエータや液体噴射ヘッドの圧電電歪膜の作製に用いることは困難である。

【0010】

さらに、従来技術では、金属製の電極と、酸化物である圧電電歪膜との間の密着性が低いという問題がある。アクチュエータおよび液体噴射ヘッドの圧電電歪素子としての繰り返し駆動で発生する応力に耐え得るためには、電極と圧電電歪膜との間に高い密着性が必要とされる。

【0011】

また、スパッタ法を用いた半導体プロセスの微細加工による液体噴射ヘッドの構成とその製造方法は、特開平11-348285号公報に提案されている。この液体噴射ヘッドは、単結晶のMgO上に白金を配向成膜して、その上にZr層を含まないペロブスカイトの層とPZTの層の積層体とすることを特徴としている。

【0012】

しかし、前記公報に記載の製造方法では、再現性よく安定した単一配向結晶あるいは単結晶PZTが得られない。さらに、単結晶MgO等の非常に高価な単結晶基板上にしか配向したPZT層が得られず、非常に高価なプロセスとなってしまう。しかも、MgOの単結晶基板は大きさに限界があり、大面積の基板を得ることができない。

【0013】

本発明は、上記従来技術の有する未解決の課題に鑑みてなされたものであり、半導体プロセスで一般に用いられている微細加工を可能とする、より薄くしかも十分な圧電電歪特性をもつ圧電電歪膜を含む強度の高い積層構造を用いることで、高密度に形成された液吐出口を有する安定した信頼性の高い液体噴射ヘッドを実現できるアクチュエータおよび液体噴射ヘッドならびに前記液体噴射ヘッドの製造方法を提供することを目的とするものである。

【0014】

本発明の他の目的は、単一配向結晶あるいは単結晶の圧電電歪膜を再現性よく

安定して成膜することにある。

【0015】

本発明のさらに他の目的は、圧電電歪膜と電極との密着性が高く、かつ変位量の大きい圧電電歪素子を得ることにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明のアクチュエータは、基体上に振動板、下部電極、圧電体および上部電極を順次積層した積層構造を有し、前記2つの電極のうちの少なくとも前記下部電極は、LaがドーピングされたSrおよびTiを含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜であることを特徴とする。

【0017】

圧電体が単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜であるとよい。

【0018】

単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極にドーピングされたLaの濃度が、0.05atm%から10atm%の範囲であるとよい。

【0019】

単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極の格子定数が3.905Åから4.030Åの範囲であるとよい。

【0020】

単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極の膜厚が50nmから5000nmの範囲であるとよい。

【0021】

単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極の結晶方位が(010)、(101)、(110)(111)のうちのいずれかであるとよい。

【0022】

単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極の結晶配向率が95%以上であるとよい。

【0023】

圧電体が、Zr、Ti、Ni、Nb、Mg、Zn、Scのうちの少なくとも1

つと、Pbを含む単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜であるとよい。

【0024】

単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の結晶配向率が90%以上であるとよい。

【0025】

単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の結晶系が、菱面体晶または正方晶であるとよい。

【0026】

単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の膜厚が、500nm以上10 μ m以下であるとよい。

【0027】

本発明の液体噴射ヘッドは、上記のアクチュエータと、液吐出口に連通され一部に開口部が形成された圧力室を有する本体基板部を備えており、前記開口部をふさぐように前記アクチュエータが前記圧力室に接合されたことを特徴とする。

【0028】

また、液吐出口に連通され一部に開口部が形成された圧力室を有する本体基板部と、前記開口部をふさぐように前記本体基板部に接合されたアクチュエータを有する液体噴射ヘッドにおいて、前記アクチュエータは、前記本体基板部に振動板、下部電極、圧電体および上部電極を順次積層した積層構造を有し、前記2つの電極のうちの少なくとも前記下部電極は、LaがドーピングされたSrおよびTiを含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜であることを特徴とする液体噴射ヘッドでもよい。

【0029】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法は、液吐出口に連通され一部に開口部が形成された圧力室を有する本体基板部と、前記開口部をふさぐように前記圧力室に接合されたアクチュエータとを備えた液体噴射ヘッドの製造方法であって、前記本体基板部に振動板を成膜する工程と、振動板上にLaがドーピングされたSrおよびTiを含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜である下部電極を成膜する

工程と、下部電極上にペロブスカイト型の酸化物圧電電歪薄膜を成膜する工程と、ペロブスカイト型の酸化物圧電電歪薄膜上に上部電極を成膜する工程と、前記圧力室を形成する工程を含むことを特徴とする。

【0030】

【作用】

アクチュエータの圧電体を、薄くてもすぐれた圧電電歪特性を有する単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜とすることで、半導体プロセスによる微細加工が可能となる。

【0031】

このような単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜を安定して再現性よく作製するために、成膜時にその下層となる下部電極を、LaがドーピングされたSrおよびTiを含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜によって構成する。

【0032】

LaがドーピングされたSrおよびTiを含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極は、圧電体を構成する酸化物圧電電歪材料との格子整合性が良好であるため、下部電極上に結晶配向率90%以上の単一配向結晶または単結晶の圧電電歪膜を成膜することができる。

【0033】

また、圧電体に接合される2つの電極の双方が、上記の結晶性の高い酸化物薄膜の電極であれば、上、下2つの電極自体の強度が高く、しかも圧電体との密着性も良好となるため、アクチュエータを構成する積層構造の強度および耐久性の向上に大きく貢献できる。

【0034】

そして、十分な圧電電歪特性を有する圧電体を、例えば10 μ m以下に薄膜化した強度の高い積層構造にすることで、半導体プロセスを用いた微細加工をアクチュエータの製作に適用可能にし、アクチュエータの小型化と、液体噴射ヘッドの高密度化、高性能化を促進できる。

【0035】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0036】

図1ないし図3は一実施の形態による液体噴射ヘッドを示すもので、この液体噴射ヘッドMは、基体である本体基板部1と、複数の液吐出口（ノズル）2と、各液吐出口2に対応して設けられた複数の圧力室（液室）3と、各圧力室3にそれぞれ対応するように配設されたアクチュエータ10とから構成されており、液吐出口2は、ノズルプレート4に所定の間隔をもって形成され、圧力室3は、本体基板部1に、液吐出口2にそれぞれ対応するように並列して形成されている。

【0037】

なお、本実施の形態では、液吐出口2が下面側に設けられているが、側面側に設けることもできる。

【0038】

また、本体基板部1の上面には各圧力室3にそれぞれ対応した図示しない開口部が形成され、その開口部をふさぐように各アクチュエータ10が位置付けられ、各アクチュエータ10は、酸化物薄膜の振動板11と、酸化物圧電電歪薄膜である圧電体（圧電電歪膜）12と、それぞれ酸化物薄膜である下部電極13および上部電極14とから構成されている。

【0039】

上記2つの電極13、14のうちの少なくとも振動板11と酸化物圧電電歪薄膜である圧電体12との間の下部電極13は、振動板11の酸化物薄膜、酸化物圧電電歪薄膜の両方に対して格子整合性のよい、LaがドーピングされたSrおよびTiを含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極である。

【0040】

酸化物電極材料としては、特開平6-280023号公報にSrRuO₃を用いた素子が記載されている。しかし、前記提案では、SrRuO₃を単一配向あるいは単結晶であることの記載がなく、上部に形成する酸化物圧電電歪薄膜は単一配向結晶あるいは単結晶となり得ない。

【0041】

本実施の形態においては、少なくとも下部電極として酸化物薄膜電極を用いているため、機械的変位を繰り返しても微小な亀裂が発生しても電極自身の強度や、酸化物薄膜からなる振動板との密着性が保持され、また、振動板と酸化物圧電電歪薄膜との双方に対して格子定数のマッチングが良い電極材料を選んでいるため、密着力が劣化せず、耐久性に優れた超小型の圧電電歪素子（アクチュエータ）を実現できる。

【0042】

加えて、圧電体を構成する酸化物圧電電歪薄膜の下層に、酸化物圧電電歪薄膜に対して格子マッチングがよく、かつ単一配向結晶または単結晶である電極を介在させることで、結晶配向率の高い単一配向結晶または単結晶の圧電電歪膜を安定して再現性よく得ることを可能にする。

【0043】

さらに、基体上に積層される振動板および圧電体と両電極を順次結晶配向の方位のそろった膜によって構成することで、液体噴射ヘッドの場合等には、各ノズル毎のアクチュエータの性能のばらつきが少なく、かつ密着強度の強いデバイスを得ることができる。

【0044】

このように、上部電極、圧電体、下部電極、振動板を含み、前記2つの電極のうちの少なくとも下部電極がLaのドーパされたSrおよびTiを含む元素を含む単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物薄膜である積層構造において、上記の酸化物薄膜電極にドーパされたLaの濃度は0.05atm%から10atm%の範囲であるのが好ましい。

【0045】

Laの濃度が0.05atm%から10atm%である酸化物薄膜電極の結晶性はLa濃度の増加とともに悪くなる。しかし、導電率はLa濃度の増加とともに 1×10^3 (S/cm) から 1×10^5 (S/cm) まで大きくすることができるため、0.05atm%から10atm%の範囲のLa濃度のドーピングが好ましい。

【0046】

またLaがドーピングされた酸化物薄膜電極の格子定数が3.905 Åから4.030 Åの範囲であるとよい。La濃度を0.05%から10%まで増加させていくと、酸化物薄膜電極の格子定数が3.905 Åから4.030 Åまで大きくなり、酸化物薄膜電極の格子定数を、その上に成膜する圧電電歪膜の格子定数になるべく近い所望の格子定数に合わせることが可能である。

【0047】

また、上記の酸化物薄膜電極の膜厚が50 nmから5000 nmの範囲で、好ましくは100 nmから2000 nmの範囲であるとよい。酸化物薄膜電極の膜厚が50 nm以下では、下部電極として十分な導電性を確保し得ない。また、5000 nm以上では、酸化物薄膜電極の表面粗度が大きいため、機械的に研磨処理を施す必要がある。このとき酸化物薄膜電極の結晶性および導電性が劣化する可能性がある。

【0048】

また、上記の酸化物薄膜電極の基板面の結晶方位が(010), (101), (110), (111)であるとよい。下部電極である酸化物薄膜電極の基板面の結晶方位が(010), (101), (110), (111)であるとき、上部に成膜される圧電電歪膜がエピタキシャル成長し、圧電電歪膜の結晶方位がそれぞれ(100), (001), (010), (101), (110), (111)となる。なお、圧電電歪膜の圧電電歪特性は、結晶方位が(001), (111)のときに特に良好である。

【0049】

また、上記の酸化物薄膜電極の結晶配向率が90%以上であるとよい。結晶配向率とは、XRD (X線回折) の $\theta-2\theta$ 測定により膜のピーク強度比による割合である。酸化物薄膜電極の結晶配向率が90%以下のとき、10%以上の他の方位に配向した結晶あるいは異相が存在するため、良好な電気特性を阻害するばかりでなく、上部に成膜する圧電電歪膜の結晶性を劣化させる可能性がある。より好ましくは下部電極である酸化物薄膜電極の結晶配向率が95%以上であるとよい。

【0050】

圧電体を構成する圧電電歪膜は、Pbを含み、Zr, Ti, Ni, Nb, Mg, Zn, Scのうち少なくとも1種類の元素を含む単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物薄膜であるのが望ましい。

【0051】

本発明で使用する単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物圧電電歪薄膜（圧電電歪膜）の物質としては以下のものが選択できる。

【0052】

例えば、PZT $[\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3]$ 、PMN $[\text{Pb}(\text{Mg}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3]$ 、PNN $[\text{Pb}(\text{Nb}_x\text{Ni}_{1-x})\text{O}_3]$ 、PSN $[\text{Pb}(\text{Sc}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3]$ 、PZN $[\text{Pb}(\text{Zn}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3]$ 、PMN-PT $\{(1-y)[\text{Pb}(\text{Mg}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3]-y[\text{PbTiO}_3]\}$ 、PSN-PT $\{(1-y)[\text{Pb}(\text{Sc}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3]-y[\text{PbTiO}_3]\}$ 、PZN-PT $\{(1-y)[\text{Pb}(\text{Zn}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3]-y[\text{PbTiO}_3]\}$ である。

【0053】

ここで、 x および y は1以下の0以上の数である。例えば、PZTの場合 x は0.3～0.7で、PMNでは x は0.2～0.5で、PSNでは x は0.4～0.7が好ましく、PMN-PTの y は0.2～0.4、PSN-PTの y は0.35～0.5、PZN-PTの y は0.03～0.35が好ましい。

【0054】

単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物圧電電歪薄膜は単一組成であってもよいし、2種類以上の組み合わせでもよい。また、上記主成分に微量の元素をドーピングした組成物であってもよい。

【0055】

そして、上記の圧電電歪膜の結晶配向率が90%以上であるとよい。圧電電歪膜の結晶配向率が90%以下のとき、10%以上の他の方位に配向した結晶あるいは異相が存在するため、このことがアクチュエータの圧電電歪特性を劣化させる原因となる可能性がある。

【0056】

また、上記の単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の結晶系が菱面体晶あるいは正方晶であるとよい。すなわち、単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物圧電電歪薄膜がアクチュエータおよび液体噴射ヘッドを機能させるために十

分な駆動を得られる圧電電歪特性を持つためには、その結晶系が菱面体晶あるいは正方晶である必要がある。

【0057】

単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の膜厚は、100 nm以上10 μ m以下であるとよい。単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物圧電電歪薄膜をアクチュエータおよび液体噴射ヘッドに用いる際、繰り返し駆動により発生する応力に耐えうる材料である必要がある。単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物圧電電歪薄膜の膜厚が100 nm以下であるときは、駆動を繰り返して行くと欠陥から破損する可能性がある。より好ましくは500 nm以上8 μ m以下である。

【0058】

次に本発明による、上記の単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の電極を下部電極として用いたアクチュエータの具体的な層構成を列挙する。層構成の表示は、上部電極//圧電電歪膜//下部電極/振動板となっている。

【0059】

- 例1 Pt/Ti//PZT(001)//La-STO(100)//YSZ(111)/Si(111)
- 例2 Au//PZT(001)//La-STO(100)//YSZ(111)/Si(111)
- 例3 La-STO(100)//PZT(001)//La-STO(100)//YSZ(111)/Si(111)
- 例4 Pt/Ti //PZT(001)//La-STO(100)/Si(111)
- 例5 Au//PZT(001)//La-STO(100)/Si(111)
- 例6 La-STO(100)//PZT(001)//La-STO(100)/Si(111)
- 例7 Pt/Ti//PZT(111)//La-STO(111)//YSZ(100)/Si(100)
- 例8 Au//PZT(111)//La-STO(111)//YSZ(100)/Si(100)
- 例9 La-STO(111)//PZT(111)//La-STO(111)//YSZ(100)/Si(100)
- 例10 Pt/Ti//PZT(111)//La-STO(111)//Si(100)
- 例11 Au//PZT(111)//La-STO(111)//Si(100)
- 例12 La-STO(111)//PZT(111)//La-STO(111)//Si(100)

【0060】

上記具体例としては圧電電歪膜をPZTあるいはPZT/P Tの積層構造を例

示したが、これらが前述の PMN, PZN, PSN, PNN, PMN-PT, PSN-PT, PZN-PT に適宜変更させた層構成でもよい。例えば、

Pt/Ti//PMN(001)/PT(001)//La-STO(100)//YSZ(100)/Si(100)、

Au//PMN-PT(001)//La-STO(100)//YSZ(100)/Si(100)、

La-STO(100)//PMN-Pt(001)/PT(001)//La-STO(100)//YSZ(100)/Si(100) 等である。

【0061】

なお、() で示した結晶方位は前述したように優先配向する結晶配向を示している。

【0062】

上記の液体噴射ヘッドの製造方法は、本体基板部を構成する Si 基板上に振動板を成膜する工程と、振動板上に下部電極である上記の酸化物薄膜電極を成膜する工程と、酸化物薄膜電極上にペロブスカイト型の圧電電歪膜を成膜する工程と、ペロブスカイト型の圧電電歪膜上に上部電極を成膜する工程と、Si 基板に圧力室を形成する工程と、液吐出口を形成したノズルプレートを圧力室に接合する工程を含む。

【0063】

酸化物薄膜電極を成膜する工程は、スパッタ法、MOCVD 法、Sol-Gel 法、MBE 法、水熱合成法等の方法で La をドーピングされた Sr および Ti を含む酸化物薄膜をエピタキシャル成長させる工程である。

【0064】

酸化物薄膜電極上にペロブスカイト型の圧電電歪膜を成膜する工程は、スパッタ法、MOCVD 法、Sol-Gel 法、MBE 法、水熱合成法等の方法でペロブスカイト型圧電電歪材料をエピタキシャル成長させる工程である。

【0065】

ペロブスカイト型の圧電電歪膜上に上部電極を成膜する工程は、スパッタ法、蒸着法などの気相法、メッキ法などの液相法により成膜する工程である。

【0066】

Si 基板に圧力室を形成する工程は、例えば、異方性エッチングを利用したウ

エツトエッチングや ICP、リーガプロセス、ボッシュプロセス等のドライエッチングを用いて Si 基板へ圧力室を形成する工程である。また、圧力室の形状は、長方形、円形、楕円形等各種選択することができる。また、サイドシューターの場合の圧力室の断面形状をノズル方向に絞った形状にすることもできる。

【0067】

吐出口を形成したノズルプレートを圧力室に接合する工程は、例えばノズルが空けられたノズルプレートを各圧力室部に対応して接合する工程である。また、レジスト材料等でノズルを形成してもよい。また、ポリマー基板を張り合わせた後にレーザー加工により各圧力室に対応してノズルを形成してもよい。

【0068】

本実施の形態によるアクチュエータは、圧電体を構成する圧電電歪膜が単一配向結晶あるいは単結晶であるために、微細で吐出力が大きく、かつ高周波数に対応できる液体噴射ヘッドを実現できる。

【0069】

次に実施例を説明する。

【0070】

〔実施例 1～4〕

図 2 に示す構成のアクチュエータにおいて、下部電極の SrTiO_3 への La ドープ濃度を 0.08%、0.80%、8.00%、0.04% として、それぞれ実施例 1、2、3、4 のアクチュエータを製作した。

【0071】

作製方法は、まず、Si 基板にスパッタ法などで振動板を成膜した。このとき、基板を加熱し、500℃以上の温度を保持しながら、成膜することによって、振動板はエピタキシャル成長し、単結晶化あるいは単一配向することができた。さらに、同様の方法で下部電極を振動板に成膜することで、単結晶あるいは単一配向結晶の酸化物薄膜電極を得ることができた。同様の方法で下部電極上に圧電電歪膜を成膜することで、単結晶薄膜あるいは単一配向結晶の薄膜からなる圧電体 (PZT) を得ることができた。上部電極も、同様に成膜した。次に、基体である Si 基板をウェットの異方性エッチングによって、後方から中央部を取り除

き図2のアクチュエータを作製した。

【0072】

表1に下部電極を構成する SrTiO_3 (STO) への La ドープ濃度と La-STO の格子定数の関係、圧電体である PZT の配向率との関係、PZT の結晶系を示す。実施例1、2、3、4の各層の構成、膜厚はいずれも次に示す通りである。なお、() は優先配向方向、[] は膜厚である。

【0073】

上部電極 Pt [0.25 μm] / Ti [0.05 μm] // 圧電歪膜 PZT (001) [3 μm] // 下部電極 La-STO (100) [0.5 μm] // 振動板 YSZ (100) [2 μm] / 基板 Si (100) [600 μm]

【0074】

【表1】

	La-STO Laドープ濃度 (%)	La-STO 格子定数 (Å)	PZT 配向率 (001)(%)	PZT 結晶系
実施例1	0.08	3.923	93	正方晶
実施例2	0.80	3.941	94	正方晶
実施例3	8.00	4.021	99	正方晶
実施例4	0.04	3.911	89	正方晶

【0075】

表1の SrTiO_3 への La ドープ濃度の変化と La-STO の格子定数の関係から、La ドープ濃度の増加とともに La-STO の格子定数は大きくなることがわかった。さらに、La ドープ濃度の変化と PZT の配向率との関係から、La ドープ濃度の増加とともに配向率が大きくなることがわかった。また、La ドープ濃度が0.05%以下である0.04%の時の配向率は89%であり、90%以下であった。また、結晶系は全て正方晶であった。

【0076】

表2に各アクチュエータに20V印加したときの変位量を示す。この表により、La ドープ濃度が0.08%の実施例1の変位量は278nm、同様に0.80%の実施例2は469nm、8.0%の実施例3は378nmであった。また、La ドープ濃度が0.05%以下である0.04%の実施例4に20V印加し

たときの変位量は 42 nm であり、実施例 1～3 と同程度の変位量を得るためには 60 V 印加する必要があった。60 V 印加の時は、変位量は 312 nm であった。

【0077】

【表 2】

	変位量(nm)
実施例 1	278
実施例 2	469
実施例 3	378
実施例 4	42
実施例 4	312 (60V(10kHz)印加時)

【0078】

〔実施例 5～8〕

実施例 1、2、3、4 のアクチュエータを用いて図 3 に示す構成の液体噴射ヘッドを製作し、それぞれ実施例 5、6、7、8 とした。

【0079】

各膜の膜厚は、前述と同様に、上部電極 0.3 μm / 圧電電歪膜 3 μm / 下部電極 0.5 μm / 振動板 2 μm / 基板 600 μm である。また、180 dpi を実現するために圧力室の幅は 90 μm 、圧力室壁の幅は 50 μm とした。

【0080】

表 3 に各液体噴射ヘッドのアクチュエータに 20 V、10 kHz で印加したときのインク液滴の吐出量と吐出速度を示す。

【0081】

【表 3】

	吐出量 (pl)	吐出速度 (m/sec)
実施例 5	12	12
実施例 6	17	14
実施例 7	15	13
実施例 8	8	8
実施例 8	12 (60V(10kHz)印加時)	12 (60V(10kHz)印加時)

【0082】

実施例 5～7 の液体噴射ヘッドにおいて、それぞれ吐出量 12～17 p l、吐出速度 12～14 m / s e c を得ることができた。

【0083】

また、実施例 8 のアクチュエータの下部電極の L a ドープ濃度が 0.05 % 以下である 0.04 % の液体噴射ヘッドに 20 V 印加したときの吐出量は 8 p l、吐出速度は 8 m / s e c となり、実施例 5～7 の吐出量、吐出速度よりも小さい値となった。実施例 8 の液体噴射ヘッドにおいて実施例 5～7 と同程度の吐出量、吐出速度を得るためには 60 V 印加する必要があった。60 V 印加の時、吐出量 12 p l、吐出速度 12 m / s e c であった。

【0084】

【発明の効果】

本発明は上述のとおり構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0085】

下部電極として、L a のドープされた S r および T i を含む単一配向結晶あるいは単結晶の酸化物薄膜を用いることによって、下部電極上にペロブスカイト型等の圧電電歪膜を再現性よく安定してエピタキシャル成長させることができた。

【0086】

このような単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜の圧電体および電極を積層することで、圧電体が薄くても圧電電歪特性を損なうことなく、しかも積層構造の強度および密着性も高く、従って耐久性も十分に大きな変位を得ることができる超小型のアクチュエータを実現できる。

【0087】

このようなアクチュエータを用いることで、極めて高密度で高性能な液体噴射ヘッドを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

一実施の形態による液体噴射ヘッドを示す斜視図である。

【図 2】

図 1 の装置のアクチュエータの構成を示す模式図である。

【図 3】

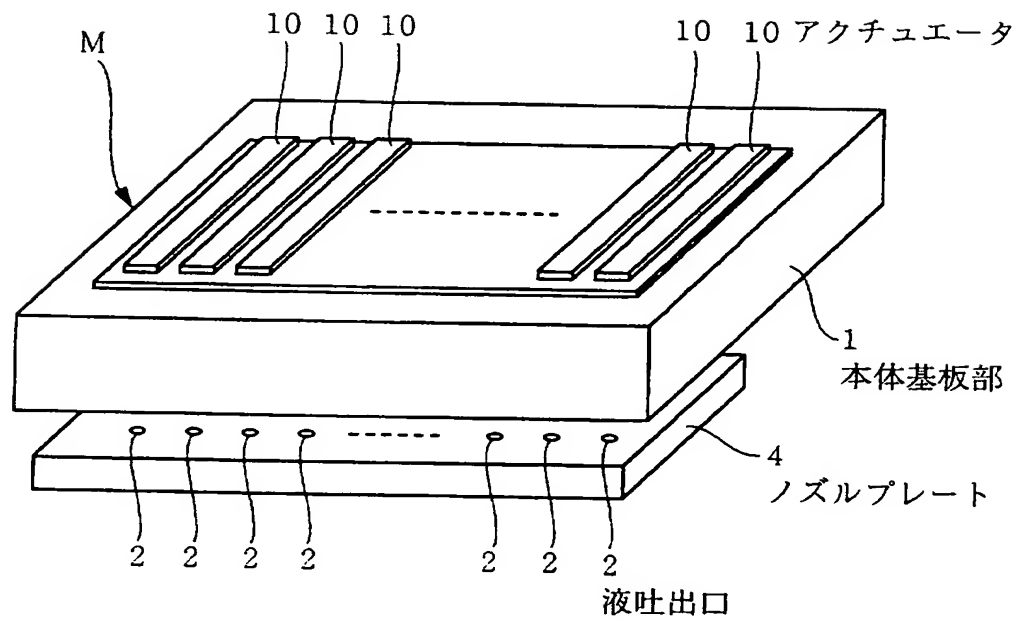
図 1 の液体噴射ヘッドの断面構造を示す一部破断部分斜視図である。

【符号の説明】

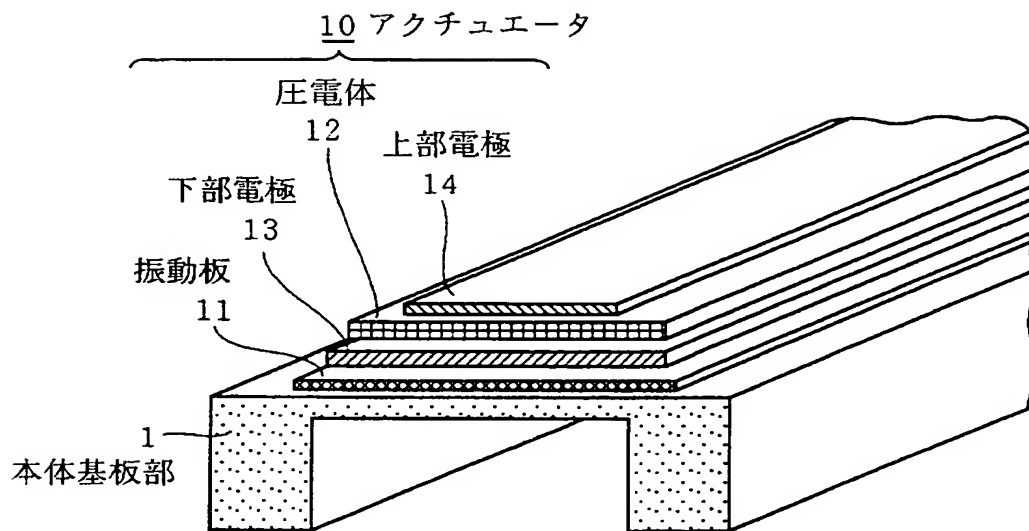
- 1 本体基板部
- 2 液吐出口
- 3 圧力室
- 4 ノズルプレート
- 1 0 アクチュエータ
- 1 1 振動板
- 1 2 圧電体
- 1 3 下部電極
- 1 4 上部電極

【書類名】 図面

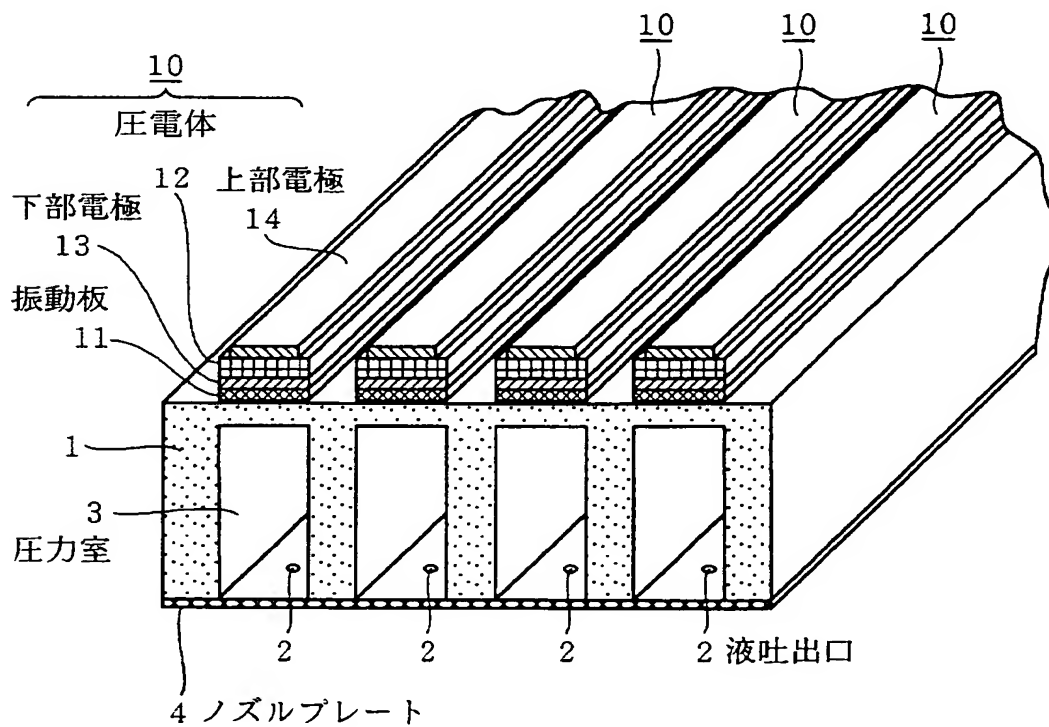
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 圧電電歪膜（圧電体）の下層となる下部電極に、Laドーピングされた単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜を用いることで、圧電電歪膜の結晶化を促進するとともに強度と密着性にすぐれた積層構造を得る。

【解決手段】 液体噴射ヘッドの本体基板部 1 の圧力室 3 上に配設されるアクチュエータ 10 は、振動板 11、下部電極 13、圧電体 12、上部電極 14 の順に成膜された積層構造を有する。圧電体 12 を単一配向結晶または単結晶の酸化物圧電電歪薄膜とするために、その下層となる下部電極 13 に、圧電電歪膜と格子マッチングのよい Laドーピングされた Sr および Ti を含む単一配向結晶または単結晶の酸化物薄膜を用いる。薄くても圧電電歪特性にすぐれた圧電体を実現することで、アクチュエータをより一層小型化し、液体噴射ヘッドの微細化を促進できる。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 2 - 2 3 1 1 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キヤノン株式会社